



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 44 47 391 C 1

61 Int. Cl. B:  
H 01 H 33/66  
H 01 H 9/42

21 Aktenzeichen: P 44 47 391.5-34  
22 Anmeldetag: 23. 12. 94  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 5. 6. 96

DE 44 47 391 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:

Volkmar, Ralf Reiner, Dipl.-Ing., 13353 Berlin, DE;  
Held, Michael Gerhard, 13585 Berlin, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

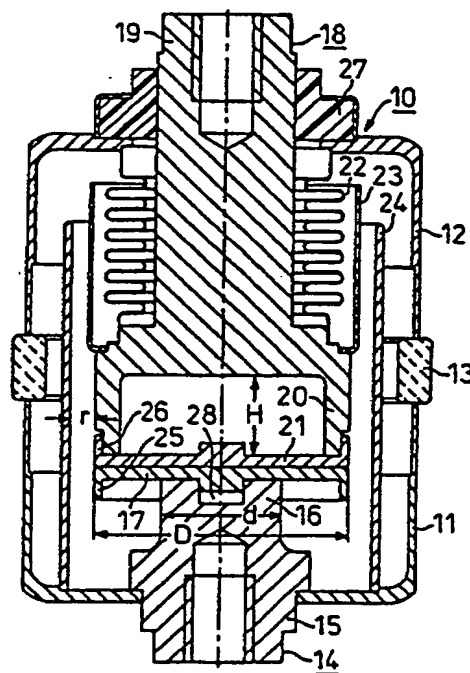
DE-PS 10 81 950  
DE-PS 8 77 335  
DE-PS 3 31 414  
DE-AS 21 24 707  
DE-AS 10 25 042  
DE 42 19 428 A1  
DE 41 39 227 A1  
DE 41 29 008 A1  
DE 38 32 493 A1  
DE 35 05 303 A1  
DE 33 44 378 A1  
DE 26 08 264 A1

DE 24 31 058 A1  
DE 23 57 333 A1  
DD 1 20 970  
US 36 43 047  
US 35 48 256  
US 32 83 101  
US 31 78 541  
US 31 31 278  
EP 01 78 733 A2  
EP 1 23 889 A1  
JP 56- 63 723

BENFATTO, I., MASCHIO, A.: DC Breaking Tests Up To 55 kA In A Single Vacuum Interrupter. In: IEEE Transactions On Power Delivery, Vol.3, No. 4, Oct. 1988, S.1732-1738;  
KEIL, Albert: Werkstoffe für elektrische Kontakte, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1960, S.170-177;  
KEIL A., u.a.: Elektrische Kontakte und ihre Werkstoffe, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1984, S.166-186;

54 Vakuumschalter

57 Um mit einem elektrischen Schalter, dessen Schaltelement aus einer Vakuumschaltkammer (10) besteht, auch Gleichströme schalten zu können, sind folgende Maßnahmen vorgesehen: Als Kontaktmaterial (17, 21) wird ein hochschmelzender Werkstoff mit positiver magnetischer Suszeptibilität verwendet; zur Erzeugung sowohl eines axialen als auch radial gerichteten Magnetfeldes im Bereich der Schaltstrecke weist der von den beiden Schaltstücken (15, 16, 17, 19, 20, 21) gebildete Strompfad radial verlaufende Abschnitte auf, deren axialer Abstand von der Schaltstrecke unterschiedlich ist. Außerdem ist elektrisch parallel zur Schaltstrecke ein Kondensator (8) angeordnet, dessen Kapazität das  $10^2$ - bis  $10^5$ -fache der Kapazität der geöffneten Kontaktelemente beträgt. Eine derart ausgebildete Vakuumschaltkammer eignet sich zum Schalten von Gleichströmen im Nieder- und Mittelspannungsbereich und kann auch zum Schalten von nieder- und hochfrequenten Wechselströmen verwendet werden.



BEST AVAILABLE COPY

DE 44 47 391 C 1



## Beschreibung

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der elektrischen Schalter und ist bei der konstruktiven Ausgestaltung von Hochstromschaltern anzuwenden, deren Kontaktstücke in einer evakuierten Schaltkammer angeordnet und auch zum Schalten von Gleichströmen geeignet sind.

Die beim Schalten von Gleich- und nieder- oder hochfrequenten Wechselströmen zwischen den geöffneten Kontaktstücken auftretenden Lichtbögen müssen durch geeignete Maßnahmen zum Erlöschen gebracht werden. Im Niederspannungsbereich sind hierzu Lichtbogen-Löschleinrichtungen gebräuchlich, die aus einer seitlich der Schaltstrecke angeordneten Löschkammer bestehen, die aus sogenannten Löschblechen aufgebaut ist. In diese Löschkammer wird der sich zwischen den Kontaktstücken ausbildende Lichtbogen z. B. mittels einer ein Magnetfeld erzeugenden Blasspule über die Lichtbogen-Löschbleche bzw. Leitbleche getrieben. Hierbei erfährt der Lichtbogen durch die Löschbleche eine Aufteilung in mehrere kurze, in Reihe brennende Teillichtbögen, denen an den kalten Blech- und Wandoberflächen der Löschkammer Energie entzogen wird; gleichzeitig wird durch die Reihenschaltung der Teillichtbögen die Lichtbogenbrennspannung auf einen mehrfachen Wert angehoben. Der durch den intensiven Energieentzug entstehende hohe Lichtbogensgradient führt somit zum Erlöschen des Lichtbogens.

Zum Schalten von Wechselströmen im Nieder- und Mittelspannungsbereich sind darüber hinaus Schalter in Gebrauch, deren eigentliches Schaltelement von einer Vakuumschaltkammer gebildet wird, die im wesentlichen aus einem evakuierten Gehäuse mit zwei innerhalb des Gehäuses angeordneten Kontakten besteht; von diesen Kontakten ist der eine unter Verwendung eines Faltenbalges bewegbar angeordnet. Bei einem derartigen Schaltelement wird das Erlöschen des Schaltlichtbogens überwiegend durch den periodisch wiederkehrenden Stromnulldurchgang bewirkt, wobei die elektrische Isolierfestigkeit des Vakuums das Wiederzünden des Schaltlichtbogens über die Schaltstrecke bei wiederkehrender Spannung verhindert.

Man hat bereits versucht, Vakuumschaltkammern bzw. -röhren auch zum Schalten von Gleichströmen einzusetzen. Hierbei wird der Vakuumschaltkammer als eigentlichem Schaltelement eine Reihenschaltung aus einem Kondensatorkreis und einem weiteren Schaltelement parallel geschaltet. Mit Hilfe des weiteren Schaltelementes wird beim Schaltvorgang über die geöffnete Schaltstrecke der Vakuumschaltkammer eine dem zu unterbrechenden Strom entgegengesetzt gerichtete Entladung des Kondensatorkreises eingeleitet, die über die Schaltstrecke der Vakuumschaltkammer einen synthetischen Stromnulldurchgang erzwingt (Zwangskommütierung).

Für die hierbei verwendeten Kondensatorkreise sind Kondensator-Batterien erforderlich, deren Kapazitäten in der Größenordnung von mehreren  $\mu\text{F}$  liegen (DE 26 08 264 A1, EP 0 178 733 A2, Aufsatz "DC Breaking Tests up to 55 kA in a single vacuum interrupter", IEEE Transactions on power delivery, Vol. 3, No. 4, 1988, Seiten 1732 bis 1738, US 3 548 256).

Zum Schalten von Gleichströmen mit einer Stromstärke bis zu etwa 100 A mittels einer Vakuumschaltröhre ohne eine parallel zur Schaltstrecke angeordnete Kondensatorkreisbatterie ist weiterhin ein Schalter bekannt, der in üblicher Weise ein den Schaltantrieb für

das eigentliche Schaltelement enthaltendes Gehäuse aufweist und bei dem die das Schaltelement bildende Vakuumschaltröhre in ebenfalls üblicher Weise eine Schaltstrecke aufweist, die von einem feststehenden Kontaktstück und einem dazu axial bewegbaren Kontaktstück gebildet ist. Bei dieser Vakuumschaltröhre sind die Kontaktflächen der beiden Kontaktstücke in zwei zueinander parallelen Ebenen angeordnet. Die beiden Kontaktstücke sind darüber hinaus unterschiedlich ausgebildet, um den beim Schaltvorgang auftretenden Lichtbogen zu beeinflussen. So ist das eine zylindrisch ausgebildete und als Kathode geschaltete Kontaktstück an seiner Stirnfläche mit einer zylindrischen Ausnehmung versehen, in deren Bodenbereich radial nach außen verlaufende Bohrungen oder eine flache Hinterdrehung angeordnet sind. Das andere, ebenfalls zylindrisch ausgebildete und als Anode geschaltete Kontaktstück ist an seiner Stirnseite mit einer zylindrischen Erhebung versehen, deren Durchmesser kleiner als der Durchmesser der zylindrischen Ausnehmung in dem als Kathode geschalteten Kontaktstück gewählt ist. Durch das vom Lichtbogen erzeugte Magnetfeld sollen die Lichtbogenpfade in die radial verlaufenden Bohrungen bzw. in die Hinterdrehung hineingetrieben werden, wobei die Lichtbogenfußpunkte zum Erlöschen kommen und somit der Lichtbogen-Entladungsstrom zu fließen aufhört. Zur Verstärkung der Wirkung des erzeugten Magnetfeldes können in den zylindrischen Kontaktstücken zentrisch angeordnete Permanentmagnete vorgesehen sein (US 3 131 276). — Diese theoretisch bekannte Ausgestaltung eines Vakuumschalters hat zu keiner allgemein praktizierten Anwendung geführt.

An sich ist weiterhin eine Vakuumschaltröhre bekannt, deren Kontaktstücke jeweils aus einem Kontaktträger aus einem gut stromleitenden Material und aus einem aufgesetzten Kontaktelement bestehen, wobei die Kontaktflächen der Kontaktelemente in zwei zueinander parallelen Ebenen angeordnet sind und die beiden Kontaktelemente zusätzlich mit zwei konzentrisch zueinander angeordneten, käfigartigen Stromführungselementen versehen sind, zwischen denen ein Lichtbogen geführt werden kann (JP 56-63 723).

Ausgehend von einem elektrischen Schalter mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1 liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Vakuumschaltkammer so auszubilden, daß mit ihr ebenfalls Gleichströme auch oberhalb von 100 A ohne Einsatz einer Zwangskommütierung sicher unterbrochen werden können.

Zur Lösung der genannten Aufgabe sind gemäß der Erfindung folgende Maßnahmen vorgesehen: Die Kontaktelemente bestehen aus einem Material mit einem Schmelzpunkt oberhalb  $1200^{\circ}\text{C}$  und mit positiver magnetischer Suszeptibilität; weiterhin weist der von den Kontaktträgern und den Kontaktelementen gebildete Strompfad zur Erzeugung eines sowohl axial als auch radial als auch in Umfangsrichtung ausgerichteten Magnetfeldes im Bereich der Schaltstrecke zwei radial verlaufende Abschnitte auf, deren axiale Entfernung von der zwischen den Kontaktelementen befindlichen Lichtbogenbrennstrecke unterschiedlich ist; schließlich sind elektrisch parallel zur Schaltstrecke ein oder mehrere Kondensatoren angeordnet, deren Gesamtkapazität wenigstens das  $10^2$ -fache und höchstens das  $10^5$ -fache der Kapazität der beiden im Abstand des Schalthubes zueinander befindlichen Kontaktelemente beträgt.

Zum Auffinden dieser Lösung wurde zunächst ein theoretisches Erklärungsmodell erstellt, das die bislang

bestehenden Hinderungen und Schwierigkeiten beim Schalten von Gleichströmen mittels Vakuumschaltkammern erklären kann. Danach führen die beim Öffnen der Kontaktstelle auftretenden plötzlichen Änderungen der Strom- und Spannungsverhältnisse zu hochfrequenten elektrischen Schwingvorgängen (Ausgleichsschwingungen). Frequenzen und Amplituden dieser Ausgleichsschwingungen werden von den elektrischen Kenngrößen aller einzelnen Elemente des gesamten Schaltkreises bzw. aller am Ausschaltvorgang beteiligten Stromkreise bestimmt, wobei sich die einzelnen Ausgleichsvorgänge zu einem Gesamtausgleichsvorgang überlagern. Von den einzelnen Ausgleichsvorgängen sind die des Schaltelementes mit geöffneten Kontakten und die des sich zwischen den Kontaktelementen ausbildenden Lichtbogens von besonderer Bedeutung. Beide Ausgleichsvorgänge liegen in einem relativ hohen Frequenzbereich (MHz-Bereich), überlagern sich resonanzartig und führen zu lokalen Wiederezündungen von Lichtbögen. Die gemäß der Erfindung vorgesehenen Maßnahmen zielen daher darauf ab, diese beiden verschiedenen, jedoch elektrisch gekoppelten Schwingungsvorgänge frequenzmäßig zu entkoppeln, ihre Einzel-Amplituden zu dämpfen und damit insgesamt die zwischen den beiden Kontakten anstehende Gesamtamplitude zu verringern.

Bei einer gemäß der Erfindung ausgestalteten Vakuumschaltkammer wird somit einerseits durch die Verwendung von hochschmelzendem und damit abbrandfestem Kontaktmaterial mit positiver magnetischer Suszeptibilität und durch die Erzeugung von den Lichtbogen beeinflussenden Magnetfeldern die Frequenz der durch den Lichtbogen bedingten Schwingvorgänge herabgesetzt und deren Amplitude verringert; andererseits werden durch die Parallelschaltung eines oder mehrerer Kondensatoren zur Schaltstrecke die Frequenz und die Amplitude des schaltkreisbedingten Schwingvorganges derart reduziert, daß sich die Frequenzen der beiden Schwingvorgänge um eine oder mehrere Größenordnungen voneinander unterscheiden. Auf diese Weise werden die Möglichkeit zur Ausbildung hoher Schwingungsamplituden, die eine lokale Wiederezündung von Lichtbogenpfaden herbeiführen können, erheblich reduziert und damit die energetischen Bedingungen herbeigeführt, welche ein sicheres Erlöschen des Lichtbogens innerhalb von wenigen ms (kleiner 30 ms) ermöglichen.

Mit Versuchsanordnungen, die nur eine begrenzte Belastung zuließen, wurden bereits Gleichströme von 1600 A bei 50 V, von 340 A bei 370 V und von 300 A bei 440 V zuverlässig geschaltet. Bei entsprechender Dimensionierung der Vakuumschaltkammer können auch größere Ströme bei ebenfalls größeren Spannungen geschaltet werden. — Da sich beim Schalten von Standard-Wechselströmen periodisch ein Nulldurchgang ergibt, der das Erlöschen des Lichtbogens begünstigt bzw. herbeiführen kann, können mit der neuen Vakuumschaltkammer auch Wechselströme geschaltet werden. Weiterhin können auch hochfrequente Wechsel- oder Impulsströme mit Frequenzen bis in den 100 kHz-Bereich geschaltet werden.

Die im Rahmen der Erfindung vorgesehene Ausgestaltung des Strompfades im Bereich der Kontaktstücke führt mit der Erzeugung sowohl eines axialen als auch radialen als auch in Umfangsrichtung gerichteten Magnetfeldes im Bereich der Schaltstrecke einerseits zu einer möglichst diffusen Ausbildung des Lichtbogens und andererseits zu einer Verdrängung des diffusen

Lichtbogens auf den Randbereich, der Kontaktelemente. Dort kann durch weitere konstruktive Maßnahmen eine Blaswirkung auf den Lichtbogen ausgeübt werden und demzufolge der Lichtbogensgradient erhöht und damit eine weitere Erhöhung der Schaltleistung erreicht werden. Eine solche konstruktive Maßnahme besteht darin, konzentrisch zu den beiden Kontaktstücken einen hohlzylindrischen Dampfschirm anzuordnen, dessen radialer Abstand von den Kontaktstücken etwa dem axialen Abstand der Kontaktelemente bei geöffneter Schaltstrecke entspricht und der elektrisch fest mit dem — beim Schalten von Gleichströmen — als Kathode geschalteten Kontaktstück verbunden ist. Durch diese Maßnahme stellt sich im Umfeld des als Anode geschalteten Kontaktstückes eine gleichmäßige elektrische Feldstärke ein, die beim radialen Auswandern des Schaltlichtbogens aus dem Schaltspalt aufgrund des erzeugten Magnetfeldes eine Ausblasung des Lichtbogens bewirkt. Im übrigen bildet dieser Dampfschirm zusammen mit dem als Anode geschalteten Kontaktstück einen Kondensator, dessen Kapazität die Grundkapazität der Schaltstrecke erhöht. — Der Dampfschirm besteht zweckmäßig — im Sinne der Werkstoffauswahl für die Kontaktelemente — ebenfalls aus einem Werkstoff, dessen Schmelzpunkt oberhalb von 1200°C liegt und der eine positive magnetische Suszeptibilität aufweist. Weiterhin empfiehlt es sich, bei Verwendung eines Dampfschirmes die gut stromleitenden Kontaktträger aus beispielsweise Kupfer wenigstens im Bereich des Schaltspaltes am äußeren Umfang mit Werkstoffen positiver magnetischer Suszeptibilität abzudecken. Dies kann — insbesondere bei Ausgestaltung der Kontaktelemente als Kontaktplatten — mit einer sich in Achsrichtung erstreckenden am äußeren Kontaktelement umlaufenden Schürze realisiert werden. Dadurch wird ein Verdampfen von Kupferwerkstoff des Kontaktträgers sowie ein Verdampfen von silber- und/oder kupferhaltigem Lötmaterial, mit welchem das jeweilige Kontaktelement und der Kontaktträger verlötet sind, verhindert und ein entsprechender Niederschlag auf den Kontaktelementen unterbunden.

Für die gemäß der Erfindung vorgesehene Werkstoffauswahl für die auf die Kontaktstücke gesetzten Kontaktelemente sind die hohe Schmelz- und Siedetemperatur, das Vorliegen einer positiven magnetischen Suszeptibilität und das diesen Werkstoffen eigene hohe Atomgewicht charakteristisch. Geeignete derartige Werkstoffe, die allein oder in Kombination mit anderen geeigneten Werkstoffen verwendet werden können, sind insbesondere Wolfram und Molybdän, deren Schmelztemperatur über 2500°C und deren Siedetemperatur über 5500°C liegt, wobei deren spezifische Suszeptibilität bei etwa  $+3$  bzw. etwa  $+9 \text{ g} \times \text{cm}^{-3} \times 10^{-6}$  liegt. Die Werkstoffe müssen dabei einen möglichst geringen Gehalt an gasförmigen Materialien bzw. an Materialien mit geringerem Siedepunkt als 1200°C aufweisen, da solche Materialien das Schaltvermögen auch aufgrund ihrer negativen magnetischen Suszeptibilität und ihres geringen Atomgewichtes negativ beeinflussen. Die genannten Werkstoffe können in Form eines gesinterten Verbundwerkstoffes oder in Form einer Legierung mit Werkstoffen wie Kobalt, Eisen, Nickel, Chrom, Rhenium oder Vanadium kombiniert werden, deren magnetische Suszeptibilität höher als die von Wolfram und Molybdän ist, so daß die spezifische Suszeptibilität des Verbundwerkstoffes bzw. der Legierung gegenüber der des Grundwerkstoffes Wolfram bzw. Molybdän erhöht ist. Als Kombinationswerkstoffe kommen auch Tantal, Niob,

Platin, Rhodium und Palladium sowie gegebenenfalls Zirkon, Titan und Mangan in Betracht. Weiterhin kann der Werkstoff des Kontaktelementes Beimengungen von Lantanoiden oder Aktinoiden aufweisen, deren spezifische magnetische Suszeptibilität noch höher liegt.

Die Verwendung von Werkstoffen mit einem Schmelzpunkt oberhalb 1200°C zur Herstellung von Kontaktelementen für Vakuumschaltkammern ist an sich bekannt. So hat man beispielsweise bei einem Vakuumrelais das Kontaktelement des beweglichen Schaltstückes aus Tantal oder einer Tantallegierung und das Kontaktelement des feststehenden Schaltstückes aus Molybdän oder einer Molybdänlegierung gefertigt (DE 10 25 042 A). Weiterhin ist als Kontaktwerkstoff für Vakuumschalter eine gesinterte Metallmatrix bekannt, deren Hauptkomponente aus Wolfram, Molybdän, Chrom, Nickel oder Eisen besteht und als Versprödungszusatz Aluminium oder Zinn enthält. Diese Metallmatrix wird anschließend mit einer Tränksubstanz aus Kupfer, Silber oder Legierungen dieser Metalle getränkt (DE 23 57 333 A1). Es ist weiterhin bekannt, für Vakuum-Leistungsschalter ein Kontaktmaterial einzusetzen, das als abbrandfeste Bestandteile Molybdän und Wolfram und als elektrisch leitfähige Komponente Kupfer enthält (DE 35 05 303 A1). Darüber hinaus ist es bekannt, die Elektroden einer Vakuumschaltröhre aus einem Eisenwerkstoff herzustellen, dessen Härte, Streckgrenze, Duktilität und gasförmige bzw. gasbildende Verunreinigungen gewissen Randbedingungen genügen. Beispielsweise kann es sich bei dem Eisenwerkstoff um einen temperaturogehärteten Kohlenstofflegierungsstahl handeln, der neben etwa 0,4% Kohlenstoff 5% Chrom, 3% Molybdän und 0,5% Vanadium enthält (DE 24 31 058 A1). Bei allen diesen bekannten Kontaktstücken bzw. Kontaktelementen werden als Kontaktmaterial wenigstens teilweise Werkstoffe verwendet, deren Schmelztemperatur über 1200°C liegt und die eine positive magnetische Suszeptibilität aufweisen. Dabei ist jedoch unbekannt geblieben, daß das Vorliegen einer ausschließlich positiven magnetischen Suszeptibilität — Kupfer und Silber weisen beispielsweise eine negative magnetische Suszeptibilität auf — für die erfolgreiche Konstruktion von Vakuumschaltkammern zum Schalten von Gleichströmen eine wesentliche Voraussetzung ist.

Es ist im übrigen weiterhin allgemein bekannt, hochschmelzende Werkstoffe wie Platin, Wolfram, Molybdän, Rhodium und Rhenium für Kontaktzwecke zu verwenden ("Werkstoffe für elektrische Kontakte" A. Keil, Springer-Verlag, 1960, Seiten 170 bis 177; "Elektrische Kontakte und ihre Werkstoffe", A. Keil u. a., Springer-Verlag, 1984, Seiten 166 bis 186), für die Elektroden von Glühkathodenröhren eine Eisenlegierung mit Nickel, Chrom oder Kobalt als Legierungskomponenten auf der (DE-PS 3 31 414), für Vakuumschalterkontakte Legierungen Basis von Lanthan oder Cer oder Mangan mit Aluminium, Kupfer, Zinn oder Wismut, als Kontaktwerkstoff für Vakuumschaltröhren zusätzliche zu Kupfer und Tellur, Wismut oder Blei als Hilfsmetall Cer, Lanthan, Titan und Zirkon (DE-AS 21 24 707) oder einen reinen Chrom-Nickel-Stahl (DE 38 32 493 A1) zu verwenden.

Die zur Erzeugung des erwähnten Magnetfeldes vorgesehene unterschiedliche Ausgestaltung der beiden Kontaktstücke, die darin besteht, daß der von den Kontaktstücken gebildete Strompfad zwei radial verlaufende Abschnitte aufweist, deren axiale Entfernung von der Entladungs- bzw. Schaltstrecke unterschiedlich ist, ge-

währleistet, daß die in radialer Richtung nach außen verlaufenden Abschnitte und die in radialer Richtung nach innen verlaufenden Abschnitte des Strompfades sich infolge der entgegengesetzten Stromrichtung in ihrer Wirkung, nämlich im Bereich der Schaltstrecke bzw. des Schaltspaltes auch ein axiales Magnetfeld zu erzeugen, nicht gegenseitig aufheben.

Für die konstruktive Ausgestaltung der Kontaktstücke erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Kontaktelemente als Kontaktplatten — vorzugsweise als Kontaktplatten gleichen Durchmessers — ausgebildet sind; in diesem Fall lassen sich radial verlaufende Abschnitte des Strompfades dadurch ausbilden, daß man der einen Kontaktplatte einen topfartigen Kontaktträger zuordnet, der etwa den gleichen Außendurchmesser wie die zugehörige Kontaktplatte aufweist, und daß man den Kontaktträger der anderen Kontaktplatte im wesentlichen als Vollzylinder ausbildet, dessen Durchmesser wesentlich kleiner als der Durchmesser der Kontaktplatte ist. Bei einer derartigen Ausgestaltung wird ein radial verlaufender Abschnitt des Strompfades vom Boden des topfartigen Kontaktträgers und ein anderer radial verlaufender Abschnitt des Strompfades von einer oder beiden Kontaktplatten gebildet. Da die Stromrichtung in den beiden radial verlaufenden Abschnitten des Strompfades entgegengesetzt ist, sollte der Abstand des Bodens des topfartigen Kontaktträgers von der zugehörigen Kontaktplatte so groß wie konstruktiv möglich gewählt werden, um die durch die gegenläufigen Stromrichtungen bedingte Minderung des erwünschten axialen Magnetfeldes zwischen den geöffneten Kontaktplatten so gering wie möglich zu halten. — Die Ausbildung des radial verlaufenden Abschnittes des Strompfades im Bereich der Kontaktplatten wird begünstigt, wenn der vollzylindrische Kontaktträger unmittelbar unterhalb der Kontaktplatte mit einer zentrischen, zylindrischen Ausnehmung versehen ist. — Der Durchmesser des als Vollzylinder ausgebildeten Kontaktträgers sollte vorzugsweise etwa 25 bis 60% des Durchmessers der zugehörigen Kontaktplatte betragen.

Bei einer derartigen Ausgestaltung der Schaltstücke können weiterhin der topfartige Kontaktträger mit einem vom Rand radial nach innen ragenden Stützflansch und der vollzylindrische Kontaktträger mit einem radial nach außen ragenden Stützflansch für die jeweilige Kontaktplatte versehen sein. Dies erhöht die mechanische Stabilität der Kontakthanordnung. Bei einer solchen Ausgestaltung sind die Stützflansche gleichzeitig Bestandteil der radial verlaufenden Abschnitte des Strompfades.

Zur Erzeugung und/oder Verstärkung des erwünschten axialen Magnetfeldes kann im übrigen auch wenigstens einer der beiden Kontaktträger geschlitzt sein und/oder der Stromzuführungsbolzen eines Kontaktstückes mit einer wendelförmig verlaufenden Nut und im Bereich der Nut mit einer mittigen axialen Bohrung versehen sein, wie es für sogenannte Axial-Magnetfeldkontakte an sich bekannt ist.

Die bereits erwähnt, ist im Rahmen der Erfindung auch die Anordnung eines oder mehrerer Kondensatoren vorgesehen, die elektrisch parallel zur Schaltstrecke geschaltet sind. Hierbei kann es sich um einen getrennt zur Schaltstrecke angeordneten Kondensator handeln, dessen Anschlüsse direkt mit den beiden Anschlüssen der Vakuumschaltkammer verbunden sind, oder um einen vollständig in die Vakuumschaltkammer integrierten Kondensator oder um eine Kombination von beiden. Die vollständige oder teilweise Integration des

Kondensators in die Vakuumschaltkammer kann dadurch erreicht werden, daß man die Ladungsflächen konzentrisch zu den Kontaktstücken anordnet. Hierzu kann der Kondensator beispielsweise aus wenigstens zwei innerhalb der Vakuumschaltkammer mit möglichst geringem Abstand konzentrisch zueinander angeordneten metallenen Hohlzylindern bestehen, die abwechselnd mit dem einen und dem anderen Kontaktstück elektrisch verbunden sind. Hierbei besteht auch die Möglichkeit, daß die metallenen Hohlzylinder von Metallisierungen gebildet werden, die auf die Mantelflächen eines keramischen Hohlzylinders aufgebracht sind. Der Kondensator kann aber auch von einem hohlzylindrischen, außen und innen mit einer teilweisen Metallisierung versehenen Isolierkörper der Vakuumschaltkammer gebildet sein. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, konzentrisch zu den Kontaktstücken mehrere kreisringförmige Plattenkondensatoren in Achsrichtung gestaffelt und elektrisch parallel geschaltet anzuordnen. — Die Gesamtkapazität der parallel geschalteten Kondensatoren hängt von der Kapazität der Kontaktelemente bei geöffneter Schaltstrecke ab. Wenn die Kapazität der geöffneten Schaltstrecke bei etwa 1 bis 5 pF liegt und die Kapazität der Vakuumschaltkammer etwa 15 bis 40 pF beträgt, sollte die Kapazität der zusätzlich angeordneten Kondensatoren wenigstens 200 bis 500 pF, zweckmäßig etwa  $1 \text{ bis } 20 \times 10^3 \text{ pF}$  betragen.

Zur kapazitiven Steuerung der Spannungsverteilung innerhalb einer Vakuumschaltröhre ist es an sich bekannt, zwischen dem auf Hochspannungspotential liegenden Kontaktstück und dem geerdeten Metallgehäuse einen zylindrischen Schirmkörper anzuordnen, der auf floatendem Potential liegt (DE 41 29 008, DE 41 39 227, DE 42 19 428).

Zur Verbesserung der Spannungsfestigkeit von Vakuumschaltröhren ist es an sich bekannt, innerhalb einer Vakuumschaltröhre wenigstens zwei Kontaktpaare elektrisch in Reihe zu schalten (DE 33 44 376 A1, US 3 178 541, US 3 283 101). Bei einer derartigen Anordnung sind im einfachsten Fall zwei ortsfest angeordnete Kontaktstücke und ein diesen beiden Kontaktstücken zugeordnet es bewegliches isoliert angeordnet es Kontaktstück vorgesehen. Die beiden fest angeordneten Kontaktstücke können dabei radial symmetrisch zur Achse der Vakuumschaltröhre angeordnet sein, während für das bewegliche Kontaktstück eine kreis- oder kreisringförmige Ausgestaltung in Betracht kommt. — Eine solche Maßnahme, die im wesentlichen zu zwei elektrisch hintereinander angeordneten Schaltstrecken führt, kann auch bei einem gemäß der Erfindung ausgebildeten elektrischen Schalter vorgesehen werden. Dies führt dann in Weiterbildung der Erfindung zu einer Ausgestaltung, bei der die weitere, ebenfalls aus je einem feststehenden und einem dazu axial bewegbaren Kontaktstück bestehende Schaltstrecke konzentrisch oder axial symmetrisch zu der aus den beiden an sich vorhandenen Kontaktstücken bestehenden Schaltstrecke angeordnet und mit dieser elektrisch in Reihe geschaltet ist, wobei die axial bewegbaren Kontaktstücke der beiden Schaltstrecken zu einem einzigen bewegbaren Kontaktstück vereinigt sind. Bei konzentrischer Anordnung der weiteren Schaltstrecke empfiehlt es sich dabei, die Kontaktelemente der ersten Schaltstrecke als Kontaktplatten gleichen Durchmessers und die Kontaktelemente der weiteren Schaltstrecke als Kreislänge gleicher Durchmesser auszubilden, wo bei das Stromzuführungselement für den Kontaktträger des feststehenden Schaltelementes der weiteren Schaltstrecke im wesent-

lichen aus einer zylindrischen Wandung besteht. Um bei einer solchen Ausgestaltung die gewünschte Kondensatorkapazität zur Verfügung zu stellen, kann auch elektrisch parallel zur weiteren Schaltstrecke und coaxial zu deren Kontaktstücken ein weiterer Kondensator angeordnet sein. Weiterhin kann man elektrisch parallel zur Reihenschaltung der beiden Schaltstrecken zusätzlich einen Kondensator anordnen, der aus zwei axial versetzt zu den kreisringförmigen Kontaktelementen der weiteren Schaltstrecke angeordneten Kreisringplatten besteht.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Fig. 1 bis 12 dargestellt. Dabei zeigt

Fig. 1 eine Ansicht eines Vakuumschalters mit Gehäuse, Schaltantrieb und dem aus einer Vakuumschaltröhre bestehenden Schaltelement sowie einem elektrisch parallel zum Schaltelement angeordneten Kondensator,

Fig. 2 und 3 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vakuumschaltröhre mit einer alternativen Ausführungsform der Kontaktstücke,

Fig. 4 bis 7 mehrere Varianten für die Integration eines Kondensators in die Vakuumschaltröhre und

Fig. 8 bis 12 mehrere Ausführungsbeispiele für eine Vakuumschaltkammer mit jeweils zwei innerhalb der Kammer elektrisch hintereinander angeordneten Schaltstrecken.

Der Vakuumschalter gemäß Fig. 1 weist ein aus einem Isolierstoff hergestelltes Gehäuse 1 auf, das mit Rippen und Kammern zur Aufnahme der elektrischen Bauelemente versehen ist. Im linken Teil des Gehäuses ist der Schaltantrieb 2 angeordnet, der aus dem Antriebsmagneten 3, dem als zweiarmiger Hebel ausgebildeten Anker 4 mit dem auf das Schaltelement einwirkenden Hebelarm 5 und aus dem Antriebsbolzen 6 zur Ankopplung des Schaltantriebes an das Schaltelement 10 besteht. Im rechten Teil des Gehäuses ist das als Vakuumschaltröhre ausgebildete Schaltelement 10 angeordnet. Unter der Kammer für das Schaltelement 10 befindet sich eine Kammer 7, die einen Kondensator 8 aufnimmt, der über Zuleitungen 9 elektrisch parallel zum Schaltelement 10 geschaltet ist. Die Kapazität dieses keramischen Scheibenkondensators beträgt  $10^4 \text{ pF}$ .

Gemäß Fig. 2 ist das Schaltelement 10 als Vakuumschaltröhre ausgebildet, deren Gehäuse aus den beiden kappenartigen Metallteilen 11 und 12 und dem dazwischen angeordneten ringförmigen Isolator 13 besteht. In das kappenartige Metallteil 11 ist das feststehende Kontaktstück 14 eingelötet, das beim Schalten von Gleichstrom als Kathode geschaltet ist und das aus dem Stromzuführungsbolzen 15 mit dem Kontaktträger 16 und dem als ebene Scheibe bzw. Platte ausgebildeten Kontaktelement 17 besteht. — Das kappenartige Metallteil 12 ist mit einem Lager 27 für das bewegbare Kontaktstück 18 versehen, das aus dem Stromzuführungsbolzen 19, dem topfförmigen Kontaktträger 20 und dem ebenfalls dem als ebene Scheibe bzw. Platte ausgebildeten Kontaktelement 21 besteht. Zwischen dem bewegbaren Kontaktstück und dem kappenartigen Metallteil 12 ist der Faltenbalg 22 angeordnet, der mittels einer Abschirmung 23 geschützt ist. — Konzentrisch zu den beiden Kontaktstücken 14 und 18 ist ein als Hohlzylinder ausgebildeter Dampfschirm 24 angeordnet, der mechanisch mit dem kappenartigen Metallteil 11 und damit elektrisch mit dem feststehenden Kontaktstück 14 verbunden ist. Dieser Dampfschirm umgibt die beiden Kontaktstücke mit einem radialen Abstand  $r$ , der etwa dem Kontakthub des bewegbaren Kontaktstückes

18 entspricht. — Im geöffneten Zustand der von den Kontaktstücken 14 und 18 gebildeten Schaltstrecke bilden die beiden Kontaktelemente 17 und 21 einen Kondensator, dessen Kapazität etwa 2,5 pF beträgt.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel bestehen die beiden Stromzuführungsbolzen 15 und 19 sowie die Kontaktträger 16 und 20 aus einem gut stromleitenden Material wie insbesondere Kupfer. Die beiden als ebene Platten bzw. Scheiben ausgebildeten Kontaktelemente 17 und 21 bestehen aus reinem Molybdän oder auch aus einer handelsüblichen Mo5Re- oder Mo41Re-Legierung und sind jeweils mit einer am Rand umlaufenden Schürze 25 bzw. 26 versehen und haben insgesamt einen Durchmesser D. Den gleichen Durchmesser weist der topfförmige Kontaktträger 20 des bewegbaren Kontaktstückes 18 auf. Der als Vollzylinder ausgebildete Kontaktträger 16 des feststehenden Kontaktstückes 14 weist dagegen nur einen Durchmesser d auf, der etwa 40% des Durchmessers des Kontaktelementes 17 beträgt. Weiterhin ist der Kontaktträger 16 zentrisch mit einer zylindrischen Ausnehmung 28 versehen. Dadurch ist gewährleistet, daß beim Betrieb der Vakuumschaltröhre der durch das feststehende Kontaktstück 14 fließende Strom direkt axial durch den Kontaktträger 16 in das Kontaktelement 17 fließt.

Durch die Ausgestaltung des Kontaktträgers 20 des bewegbaren Kontaktstückes 18 als Topf wird erreicht, daß der durch das bewegbare Kontaktstück fließende Strom eine Stromschleife bildet, die durch radial verlaufende Abschnitte im Bereich des Bodens des topfförmigen Kontaktträgers 20 sowie im Bereich der Kontaktelemente 17 und 21 charakterisiert ist. Da die beiden Stromrichtungen dieser radialen Strombahnabschnitte einander entgegengesetzt gerichtet sind, ist es zweckmäßig, die Höhe H des topfförmigen Kontaktträgers 20 möglichst groß zu wählen, um die Auswirkungen des Strompfades im Boden des Kontaktträgers 20 auf das im Bereich der Schaltstrecke sich ausbildende axiale Magnetfeld so gering wie möglich zu halten.

Gemäß Fig. 3 kann sowohl der topfförmige Kontaktträger 30 als auch der vollzylindrische Kontaktträger 32 mit einem radial nach innen ragenden Stützflansch 31 bzw. mit einem radial nach außen ragenden Stützflansch 33 versehen sein, um eine mechanisch sicherere Auflagefläche für das jeweilige Kontaktelement 17 bzw. 21 zu bilden.

Gemäß der Darstellung in Fig. 4 sind konzentrisch zu dem Dampfschirm 36 mit geringem radialen Abstand zwei weitere hohlzylindrische Metallteile 37 und 38 angeordnet, die jeweils abwechselnd mit dem kappenartigen Metallteilen 34 bzw. 35 des Gehäuses der Vakuumschaltröhre mechanisch und elektrisch verbunden sind. Der hohlzylindrische Dampfschirm 36 und die beiden weiteren Hohlzylinder 37 und 38 bilden einen Kondensator, dessen Kapazität in bekannter Weise vom Abstand der Zylinderflächen, der Länge der gegenseitigen Überlappung und der Dielektrizitätskonstante des in der Vakuumschaltröhre erzeugten Vakuums bestimmt wird. Bei entsprechender Dimensionierung der hohlzylindrischen Metallteile kann die Kapazität der Vakuumschaltröhre wenigstens das 10<sup>2</sup>fache der Kapazität der geöffneten Kontaktelemente betragen, also beispielsweise 250 pF bei einer Kapazität der geöffneten Schaltelemente von 2,5 pF.

Gemäß Fig. 5 kann der in die Vakuumschaltröhre integrierte Kondensator auch von einem keramischen Hohlzylinder 40 gebildet sein, der auf seiner Innenseite und seiner Außenseite mit einer Metallisierung 41 bzw.

42 versehen ist und der sich jeweils über Stützringe 43 und 44 an den kappenartigen Metallteilen des Gehäuses der Vakuumschaltröhre abstützt und über diese Stützringe zugleich elektrisch kontaktiert wird. Dieser Kondensator kann auch so angeordnet werden, daß die innere Metallisierung 41 zugleich den Dampfschirm für die Kontaktstücke bildet. Mit einer solchen Anordnung können — je nach verwendetem Keramikwerkstoff — Kapazitäten realisiert werden, die das 10<sup>3</sup>- bis 10<sup>4</sup>fache der Kapazität der geöffneten Kontaktelemente betragen.

Gemäß Fig. 6 wird der in die Vakuumschaltröhre integrierte Kondensator von einem hohlzylindrischen Keramikisolator 45 gebildet, der zugleich die beiden kappenartigen Metallteile des Gehäuses der Vakuumschaltröhre gegeneinander isoliert.

Hierzu ist der Keramikisolator 45 jeweils nur auf einem Teil seiner axialen Länge außen und innen mit einer Metallisierung 46 bzw. 47 versehen, während der übrige Teil der Länge zusammen mit einer radialen Nut die innere bzw. äußere Isolierfestigkeit der Vakuumschaltröhre bildet. Die beiden Metallisierungen 46 und 47 werden dabei durch die Lötverbindung mit den kappenartigen Metallteilen 48 und 49 elektrisch kontaktiert.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 sind konzentrisch zu den nicht näher dargestellten Kontaktstücken zwei metallene Hohlzylinder 50 und 51 angeordnet, von denen der eine mit der oberen Kappe 52 und der andere mit der unteren Kappe 53 des Gehäuses der Vakuumschaltröhre verbunden ist. Mit jedem Hohlzylinder sind mehrere Ringscheiben 54 bzw. 55 verbunden, die radial in den zwischen den beiden Hohlzylindern 50 und 51 bestehenden Spalt hineinragen und abwechselnd ineinander greifen, wobei die Ringscheiben der beiden Hohlzylinder mittels keramischer, ringförmiger Abstandhalter 56 gegeneinander isoliert angeordnet sind.

Die Vakuumschaltkammer gemäß Fig. 8 weist ein Gehäuse auf, das aus der unteren Platte 60, der oberen Platte 61, der unteren zylindrischen Seitenwand 62, der oberen zylindrischen Seitenwand 63 und dem die beiden Ober- und Unterteile gegeneinander isolierenden ringförmigen Keramikisolator 64 besteht. In die obere Platte 61 ist mittels des Haltebleches 75 ein Lager 74 eingelassen, durch das ein Stößel 73 geführt ist, der das bewegliche Kontaktstück 72 trägt. Zwischen das bewegliche Kontaktstück 72 und das aus Keramik bestehende Lager 74 ist der Faltenbalg 76 eingelötet.

In die untere Stromzuführungsplatte 60 ist ein erstes feststehendes Kontaktstück 65 eingelötet, dessen Kontaktträger 66 als Vollzylinder ausgebildet ist und das ein scheibenförmiges, mit einer umlaufenden Schürze versehenes Kontaktelement 67 trägt.

Ein zweites feststehendes Kontaktstück 68 ist elektrisch mit der oberen Stromzuführungsplatte 61 verbunden und wird von der hohlzylindrischen Stromzuführung 69 getragen. Auf dem als Ringscheibe ausgebildeten Kontaktträger 70 ist das Kontaktelement 71 angeordnet, das ebenfalls kreisringförmig ausgebildet ist und im Querschnitt ein flaches U-Profil aufweist.

Das bewegliche Kontaktstück 72 ist topfförmig gestaltet und mit zwei Kontaktträgern versehen, von denen das eine von der inneren hohlzylindrischen Wandung 78 und das andere von der konzentrisch dazu angeordneten äußeren hohlzylindrischen Wandung 79 gebildet wird. Auf der inneren Wandung 78 sitzt das innere Kontaktelement 80 auf, das scheibenförmig mit einer umlaufenden Schürze ausgebildet ist, während auf der äußeren hohlzylindrischen Wandung 79 ein kreisring-



förmiges Kontaktelement 81 aufsitzt, das ebenfalls wie das Kontaktelement 71 als flaches U-Profil ausgebildet ist. Gegebenenfalls kann das Kontaktstück 72 im Bereich der Wandung 79 und des zugehörigen Bodenteils in Achsrichtung federnd ausgebildet sein. Die Kontaktelemente können hierbei z. B. aus einer handelsüblichen W3Fe6,5Ni-Legierung oder einer W4, 85Ni2, 4FeO, 25Co-Legierung bestehen.

Konzentrisch zu den beiden von den Kontaktelementen 67 und 80 bzw. 71 und 81 gebildeten und elektrisch in Reihe geschalteten Schaltstrecken sind metallische Hohlzylinder 82, 83, 84 und 85 angeordnet, die als Dampfschirme und/oder als Leitbleche zum Ausblasen der beim Schaltvorgang entstehenden Lichtbögen dienen und jeweils mit einem der feststehenden Kontaktstücke bzw. dem beweglichen Kontaktstück verbunden sind.

Weiterhin konzentrisch zum feststehenden Kontaktträger 66 ist ein Kondensator angeordnet, der aus den beiden ringscheibenförmigen Platten 86 und 87 besteht, von denen die eine an die untere Stromzuführungsplatte 60 und die andere über die hohlzylindrische Stromzuführung 69 an die obere Stromzuführungsplatte 61 elektrisch angebunden ist.

Fig. 9 zeigt ein Vakuumrelais, das als Ein-/Ausschalter aufgebaut ist. Das Vakuumrelais besteht aus zwei feststehenden Kontaktstücken 101 und 102, die mittels eines hohlzylindrischen Isolators 103 gegeneinander isoliert sind. Ein zweiter, mit dem feststehenden Kontaktstück 102 verlöteter hohlzylindrischer Isolator 104 trägt das Antriebssystem 105, dessen Gehäuse 106 vakuumdicht mit dem Isolator 104 verbunden ist und u. a. eine Kammer 107 zur Aufnahme einer Magnetisierungsspule aufweist, wobei Teil des magnetischen Pfades der Anker 108 ist, auf dem sich über einen Isoliererring 109 der Schaltstab 110 abstützt. Der Schaltstab trägt an seinem freien Ende eine mehrarmige Kontaktbrücke 111, deren Arme radial angeordnet, U-förmig und federnd ausgebildet sind und an ihren freien Enden Kontaktelemente 112 tragen.

Jedes der beiden in gewisser Weise axial symmetrisch angeordneten Kontaktstücke 101 und 102 besteht aus einem kreisringförmigen Stromzuführungsteil 121, einem hohlzylindrischen Wandteil 122 mit einem anschließenden kreisringförmigen Bodenteil 123 und einem auf das Bodenteil aufgesetzten ebenfalls kreisringförmigen Kontaktelement 124, wobei das hohlzylindrische Wandteil, das kreisringförmige Bodenteil und das Kontaktelement sich jeweils über einen Umfangswinkel von etwa 120° erstrecken. — Konzentrisch zu der Kontaktanordnung sind zwei hohlzylindrische Schirme 125 und 126 angeordnet, die abwechselnd mit den beiden Kontaktstücken 101 und 102 elektrisch verbunden sind und einen Kondensator bilden.

Auf das kreisringförmige Tragteil 121 ist im übrigen der kappenförmige Deckel 127 aufgelötet, der die Vakuumchaltkammer nach oben hin abschließt.

Fig. 10 zeigt eine Vakuumchaltkammer ohne integriertes Antriebssystem für das bewegliche Schaltglied. Das Gehäuse der Schaltkammer wird von einer unteren flachen Kappe 140, einer oberen hutartigen Kappe 141, dem dazwischen angeordneten oberen Kontaktring 131, dem unteren Kontaktring 134, den sich jeweils anschließenden Stützringen 137 und 138 und dem hohlzylindrischen Isolator 139 gebildet. Der obere feststehende Kontaktring 131 geht in einen kreisringförmigen Kontaktträger 132 über, der sich über einen Umfangswinkel von etwa 120° erstreckt. Auf diesem Kontaktträger 132

ist das ebenfalls kreisringförmige Kontaktelement 133 angeordnet. — Mit dem unteren feststehenden Kontaktring 134 ist der hohlzylindrische Kontaktträger 135 verbunden, der sich ebenfalls über einen Umfangswinkel von etwa 120° erstreckt und axial gegenüberliegend zum Kontaktträger 132 angeordnet ist. Der Kontaktträger 135 trägt das kreisringförmige Kontaktelement 136.

Den beiden feststehenden Kontaktelementen 133 und 136 ist das bewegliche Kontaktstück 142 zugeordnet, das einen topfförmigen Kontaktträger 143 mit radial nach innen ragendem Rand aufweist, auf den das kreisringförmige Kontaktelement 144 aufgelötet ist. Am beweglichen Kontaktstück ist weiterhin der Führungsbolzen 146 befestigt, der aus einem isolierenden Werkstoff besteht und durch die obere Kappe 141 nach außen geführt ist. Zwischen dem Kontaktträger 143 und der oberen Kappe 141 ist der Faltenbalg 145 angeordnet. —

Auch bei diesem Ausführungsbeispiel weist der von dem oberen feststehenden Kontaktring 133 zum unteren feststehenden Kontaktring 134 verlaufende Strompfad sowohl in Achsrichtung als auch in radialer Richtung verlaufende Abschnitte auf, wobei die in radialer Richtung verlaufenden Abschnitte des Strompfades von der zwischen dem Kontaktelement 144 und den Kontaktelementen 133 und 135 gebildeten Schaltstrecke in Achsrichtung unterschiedlich weit entfernt sind.

Konzentrisch zur Schaltstrecke ist noch der Abschirmzylinder 147 angeordnet, während die koaxial zur Schaltstrecke angeordneten und abwechselnd mit dem oberen feststehenden Kontaktring 131 und dem unteren feststehenden Kontaktring 134 mechanisch und elektrisch verbundenen Hohlzylinder 148 und 149 einen Kondensator bilden.

Die Vakuumchaltkammer gemäß Fig. 11 unterscheidet sich von der Vakuumchaltkammer gemäß Fig. 10 im wesentlichen dadurch, daß für die Ausgestaltung der beiden feststehenden Kontakte gleichartige Bauteile verwendet sind, so daß die Kontaktanordnung im wesentlichen axial symmetrisch aufgebaut ist. Jedes feststehende Kontaktstück besteht hierzu aus einer kreisringförmigen Stromzuführung 151, an die sich ein hohlzylindrisches Teil 152 und ein kreisringförmiges Teil 153 des Kontaktträgers anschließt. Auf dem kreisringförmigen Teil des Kontaktträgers ist das ebenfalls kreisringförmige Kontaktelement 154 angeordnet, wobei sich Kontaktträger und Kontaktelement jeweils über einen Umfangswinkel von 120° erstrecken. Die konzentrisch zur Kontaktanordnung angeordneten Hohlzylinder 155 und 156 bilden einen Kondensator. — Sowohl die hohlzylindrischen Teile 152 der Kontaktträger als auch der topfförmige Kontaktträger des beweglichen Kontaktstückes können mit Schlitzen 157 bzw. 158 versehen sein, um im Bereich des Kontaktträgers eine bestimmte Stromrichtung und damit die Ausgestaltung eines gewünschten Magnetfeldes zu erzwingen.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 12 sind in ähnlicher Weise wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 die beiden elektrisch hintereinander geschalteten Schaltstrecken konzentrisch zueinander angeordnet. Weiterhin ist für dieses Ausführungsbeispiel charakteristisch, daß sowohl die beiden Kontaktelemente 161 und 162 der äußeren Schaltstrecke als auch die beiden Kontaktelemente 163 und 164 der inneren Schaltstrecke kreisringförmig ausgebildet sind; weiterhin ist der Kontaktträger 165 des feststehenden Kontaktstückes der inneren Schaltstrecke, der an sich als zylindrischer Bolzen ausgebildet ist, mit einer wendelförmigen Nut 166 und einer zentrischen Bohrung 167 versehen,



um im Bereich des Kontaktträgers eine bestimmte Stromzuführungsbahn zu erzwingen.

#### Patentansprüche

1. Vakuumschalter mit einer zylindrisch ausgebildeten Vakuumschaltkammer und einem die Vakuumschaltkammer (10) und den Schaltantrieb aufnehmendem Gehäuse, bei dem die Vakuumschaltkammer (10) eine Schaltstrecke aufweist, die von einem feststehenden Kontaktstück (14) und einem dazu axial bewegbaren Kontaktstück (18) gebildet ist, bei dem die Kontaktflächen der beiden Kontaktstücke (14, 18) in zwei zueinander parallelen Ebenen angeordnet sind und die beiden Kontaktstücke (14, 18) zur Beeinflussung des beim Schaltvorgang auftretenden Lichtbogens unterschiedlich ausgebildet sind, und bei dem jedes Kontaktstück (14, 18) aus einem Kontaktträger (16, 20) mit einem aufgesetzten Kontaktelement (17, 21) besteht, wobei die Kontaktträger (16, 20) aus einem gut stromleitenden Material bestehen, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktelemente (17, 21) aus einem Material mit einem Schmelzpunkt oberhalb 1200°C und mit positiver magnetischer Suszeptibilität bestehen, daß der von den Kontaktträgern (16, 20) und den Kontaktelementen (17, 21) gebildete Strompfad zur Erzeugung eines sowohl axial als auch radial als auch in Umfangsrichtung ausgerichteten Magnetfeldes im Bereich der Schaltstrecke zwei radial verlaufende Abschnitte aufweist, deren axiale Entfernung von der zwischen den Kontaktelementen (17, 21) befindlichen Lichtbogenbrennstrecke unterschiedlich ist, und daß elektrisch parallel zur Schaltstrecke ein oder mehrere Kondensatoren (8; 36, 37, 38) angeordnet sind, deren Gesamt-Kapazität wenigstens das 10<sup>2</sup>-Fache und höchstens das 10<sup>5</sup>-Fache der Kapazität der beiden im Abstand des Schalthubes zueinander befindlichen Kontaktelemente (17, 21) beträgt.
2. Vakuumschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktelemente (17, 21) aus einem Verbund oder einer Legierung aus wenigstens zwei Metallen mit jeweils positiver magnetischer Suszeptibilität bestehen.
3. Vakuumschalter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktelemente (17, 21) aus Wolfram und/oder Molybdän in Kombination mit einem oder mehreren der Werkstoffe Kobalt, Eisen, Nickel, Chrom, Vanadium, Palladium, Platin, Rhenium, Rhodium, Niob oder Tantal bestehen.
4. Vakuumschalter nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontaktwerkstoff zusätzlich mit Lantanoiden oder Actinoiden dotiert ist.
5. Vakuumschalter nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktelemente als Kontaktplatten (17, 21) ausgebildet sind, daß der eine radial verlaufende Abschnitt des Strompfades vom Boden eines topfartigen Kontaktträgers (20) gebildet wird, der etwa den gleichen Außendurchmesser (D) wie die zugehörige Kontaktplatte (21) aufweist, und daß der andere radial verlaufende Abschnitt

des Strompfades von einer oder beiden Kontaktplatten (17, 21) gebildet wird, wobei der andere Kontaktträger (16) als Vollzylinder ausgebildet ist, dessen Durchmesser (d) wesentlich kleiner als der Durchmesser (D) der Kontaktplatte (17) ist.

6. Vakuumschalter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktelemente als Kontaktplatten (17, 21) gleichen Durchmessers (D) ausgebildet sind.

7. Vakuumschalter nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der vollzylindrische Kontaktträger (16) unmittelbar unterhalb der Kontaktplatte mit einer zentrischen, zylindrischen Ausnehmung (28) versehen ist.

8. Vakuumschalter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der topfartige Kontaktträger (30) mit einem vom Rand radial nach innen ragenden Stützflansch (31) und der vollzylindrische Kontaktträger (32) mit einem am Ende des Zylinders radial nach außen ragenden Stützflansch (33) versehen ist.

9. Vakuumschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß konzentrisch zu den beiden Kontaktstücken ein hohlzylindrischer Dampfschirm (24) angeordnet ist, dessen radialer Abstand (r) von den Kontaktstücken etwa dem axialen Abstand der Kontaktstücke (14, 18) bei geöffneter Schaltstrecke (Kontaktstrecke) entspricht und der elektrisch mit dem beim Schalten von Gleichstrom als Kathode geschalteten Kontaktstück (14) verbunden ist, wobei der Dampfschirm (24) aus einem Material besteht, dessen Schmelzpunkt oberhalb von 1200°C liegt und eine positive magnetische Suszeptibilität aufweist.

10. Vakuumschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß einer oder mehrere der Kondensatoren (8) außerhalb der Vakuumschaltröhre in dem Schaltgehäuse (1) angeordnet sind.

11. Vakuumschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß einer oder mehrere der elektrisch parallel zur Schaltstrecke angeordneten Kondensatoren (36, 37, 38; 40, 41, 42) konzentrisch zu den Kontaktstücken angeordnet sind.

12. Vakuumschalter nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator aus wenigstens zwei innerhalb der Vakuumschaltröhre mit Abstand konzentrisch zueinander angeordneten metallenen Hohlzylindern (36, 37, 38) besteht, die abwechselnd mit dem einen und dem anderen Kontaktstück elektrisch verbunden sind.

13. Vakuumschalter nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die metallenen Hohlzylinder aus Metallisierungen (41, 42) bestehen, die auf die Mantelflächen eines keramischen Hohlzylinders (40) aufgebracht sind.

14. Vakuumschalter nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator von dem hohlzylindrischen, außen und innen mit einer Metallisierung (46, 47) versehenen Isolierkörper (45) der Vakuumschaltkammer gebildet wird.

15. Vakuumschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß konzentrisch oder axialsymmetrisch zu der aus den beiden Kontaktstücken bestehenden Schaltstrecke eine weitere, ebenfalls aus je einem feststehenden und einem dazu axial bewegbaren Kontaktstück bestehende Schaltstrecke angeordnet und



mit der erstgenannten Schaltstrecke elektrisch in Reihe geschaltet ist, wobei die axial bewegbaren Kontaktstücke (78, 80; 79, 81) der beiden Schaltstrecken zu einem einzigen bewegbaren Schaltstück (72) vereinigt sind.

16. Vakuumschalter nach Anspruch 15 mit axial-symmetrisch angeordneter weiterer Schaltstrecke, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktelemente der beiden feststehenden Schaltstücke als halbkreisförmige Kontaktringe (133; 136) und das Kontaktelement des bewegbaren Schaltstückes als kreisförmiger Kontaktring (144) ausgebildet sind.

17. Vakuumschalter nach Anspruch 15 mit konzentrisch angeordneter weiterer Schaltstrecke, dadurch gekennzeichnet,

daß die Kontaktelemente der ersten Schaltstrecke als Kontaktplatten (67, 80) gleichen Durchmessers und die Kontaktelemente der weiteren Schaltstrecke als Kreisringe (71, 81) gleichen Durchmessers ausgebildet sind,

wobei das Stromzuführungselement für den Kontaktträger des feststehenden Schaltelementes (81) der weiteren Schaltstrecke in wesentlichen aus einer zylindrischen Wandung (69) besteht (Fig. 8).

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

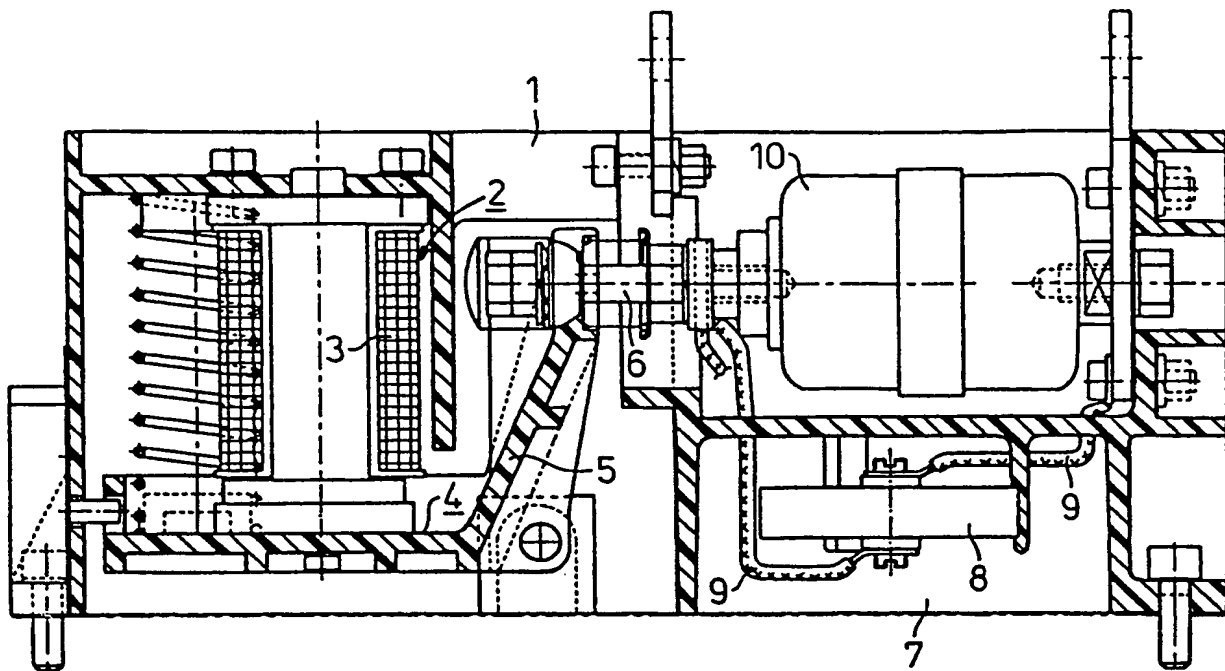


FIG 1

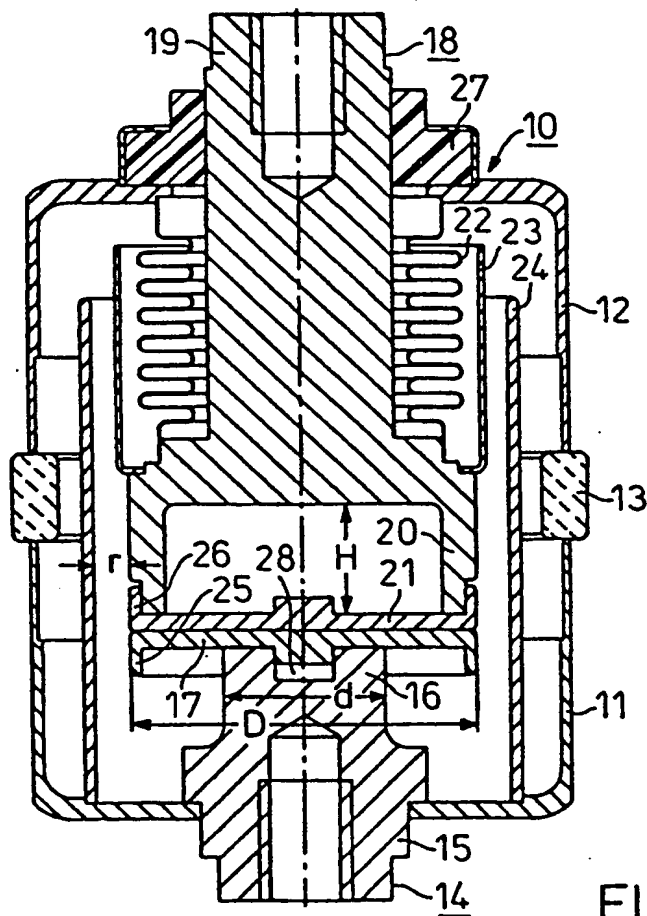


FIG 2

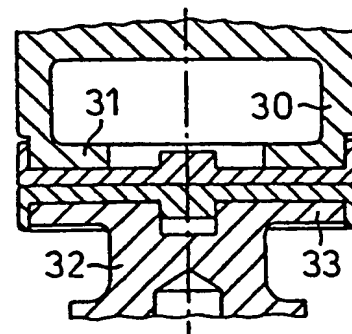


FIG 3

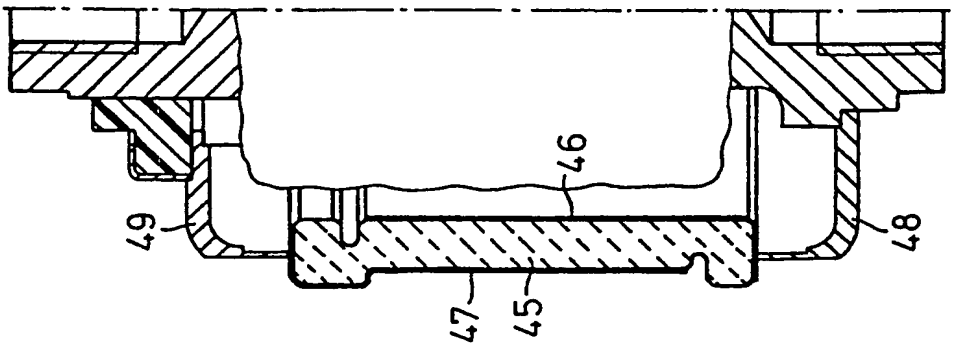


FIG 6

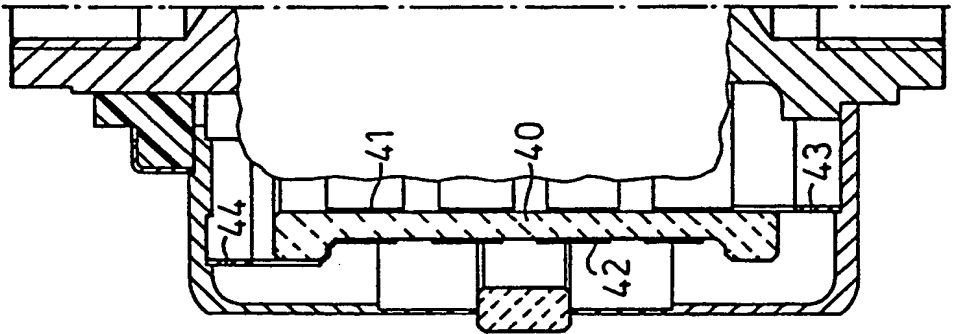


FIG 5

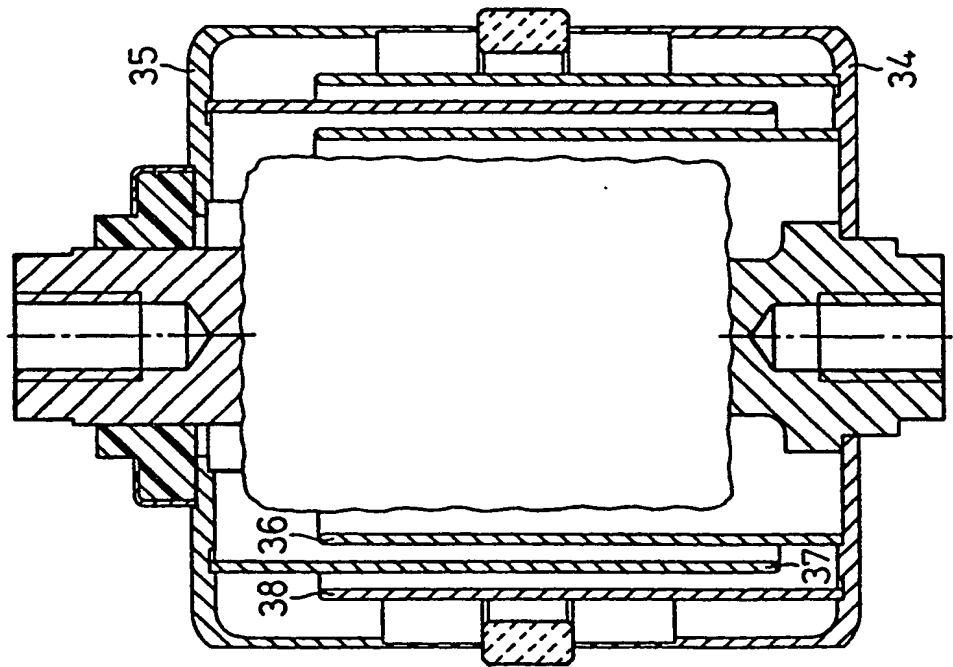


FIG 4

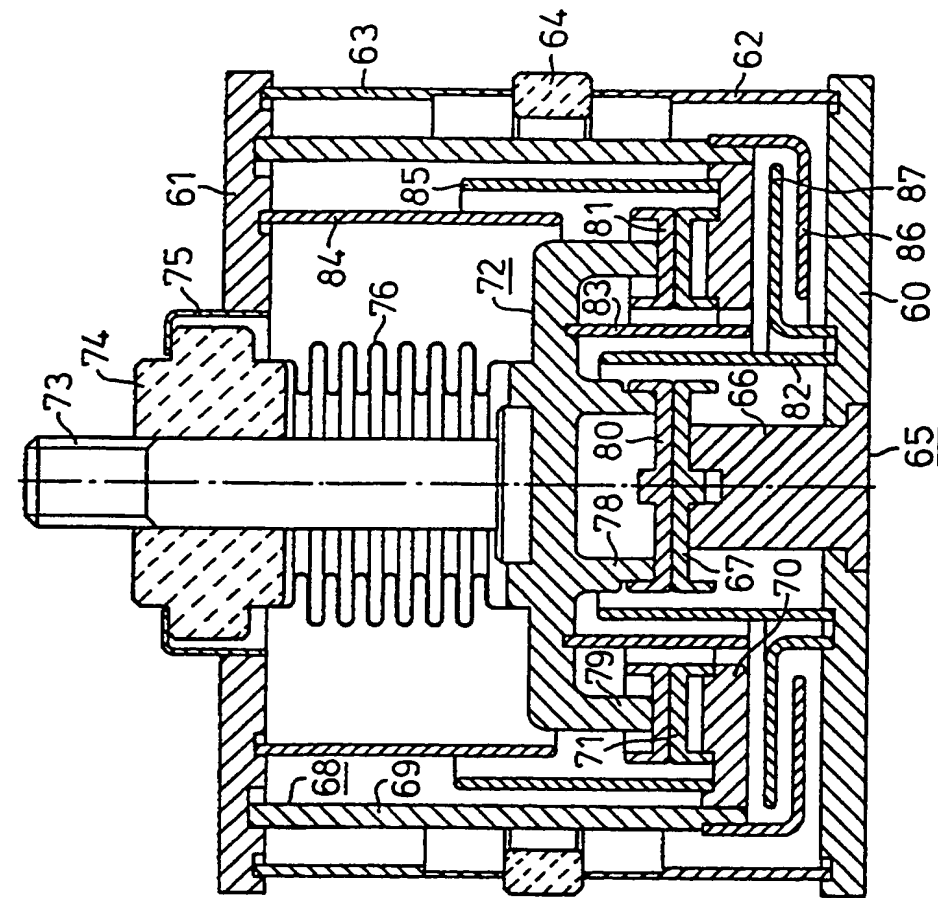


FIG 8

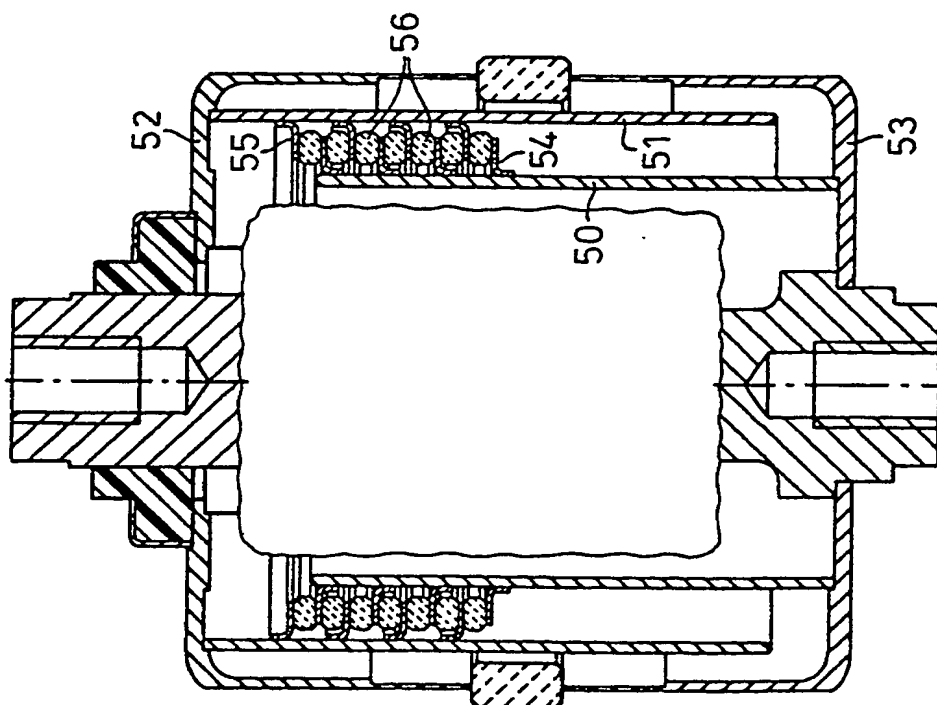


FIG 7

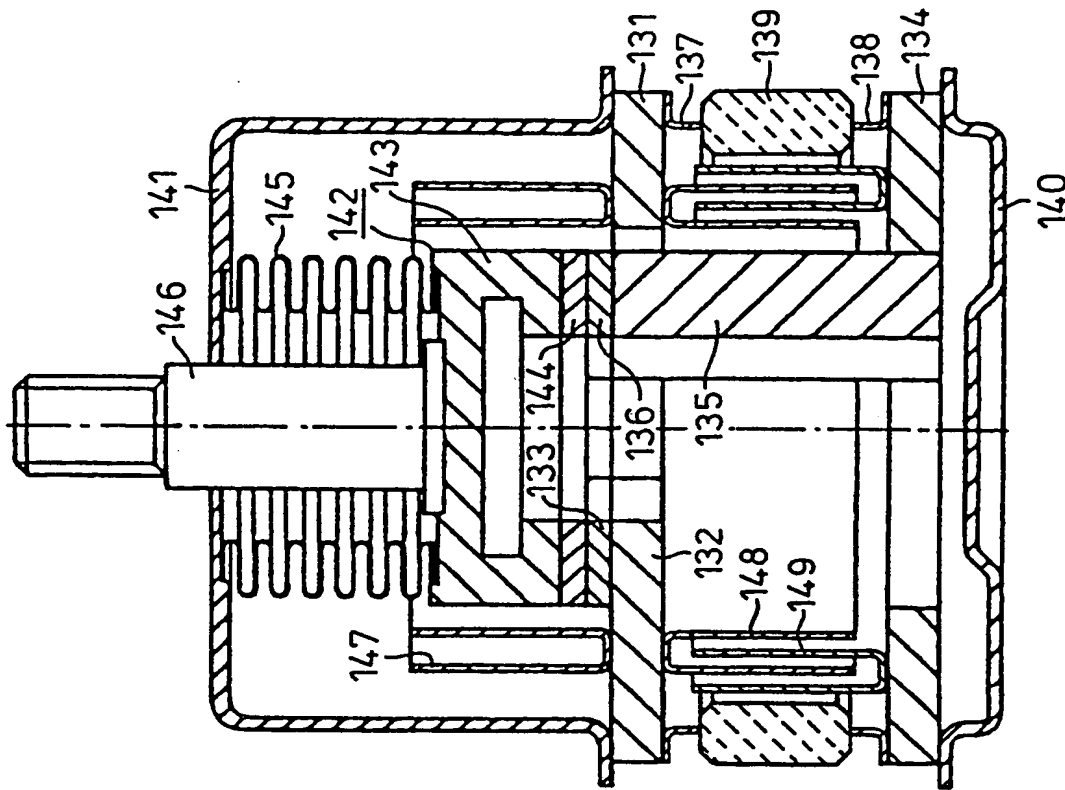


FIG 10

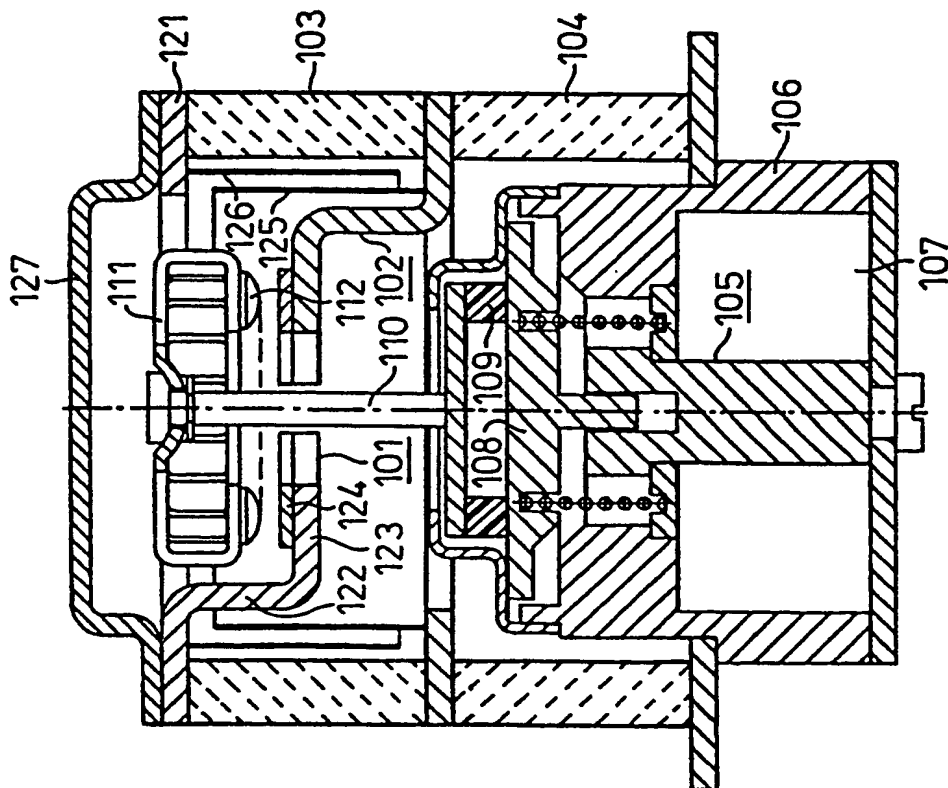


FIG 9

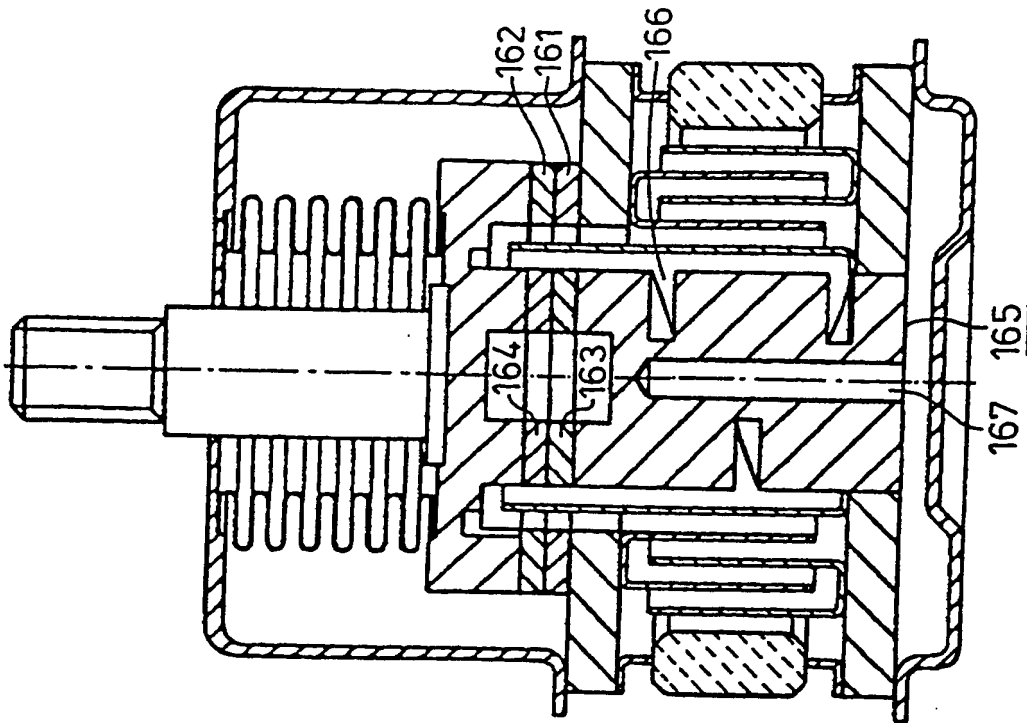


FIG 12

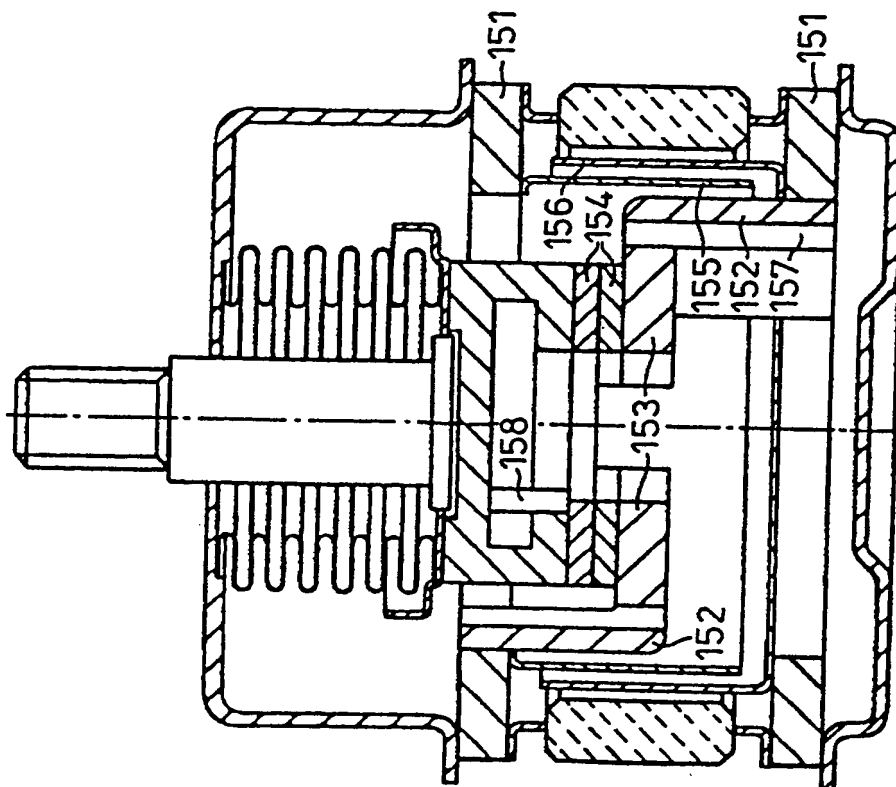


FIG 11



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**BEST AVAILABLE COPY**